



PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of : Atty. Docket: 02-GR2-261
Marina NICOLAS : Group Art Unit: 2614
Serial No. 10/782,651 : Confirmation No. 4119
Filed: February 19, 2004 :

For: *PROCESS AND DEVICE FOR DE-INTERLACING BY PIXEL ANALYSIS*

CLAIM FOR PRIORITY UNDER 35 USC §119

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

SIR:

Under the provisions of 35 USC §119, there is filed herewith a certified copy of French Application No. 03 02013 filed on February 19, 2003, in accordance with the International Convention for the Protection of Industrial Property, 53 Stat. 1748, under which Applicants hereby claim priority.

Respectfully submitted,

Date:

8/12/04

By:

Jon A. Gibbons
Reg. No. 37,333

Customer No. 23334
Fleit, Kain, Gibbons, Gutman, Bongini & Bianco P.L.
551 NW 77th Street
Suite 111
Boca Raton, Florida 33487
Telephone: (561) 989-9811
Facsimile: (561) 989-9812

BEST AVAILABLE COPY

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 10 - 11 - 1994

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets



Martine PLANCHE

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

SIEGE
26 bis. rue de Saint Petersburg
75800 PARIS cedex 08
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23
www.inpi.fr

REST AVAILABLE COPY



26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08
Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



REQUÊTE EN DÉLIVRANCE page 1/2



Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

09 540 e u / 210502

REMISE DES PIÈCES DATE 19 FEV 2003 LIEU 75 INPI PARIS N° D'ENREGISTREMENT 0302013 NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE 19 FEV. 2003 PAR L'INPI		1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE CABINET BALLOT 122, rue Edouard Vaillant 92593 LEVALLOIS-PERRET CEDEX	
Vos références pour ce dossier (facultatif) 016716 DK/CC			
Confirmation d'un dépôt par télécopie		<input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie	
2 NATURE DE LA DEMANDE		Cochez l'une des 4 cases suivantes	
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
<i>Demande de brevet initiale</i> N° _____ Date _____			
<i>ou demande de certificat d'utilité initiale</i> N° _____ Date _____			
Transformation d'une demande de brevet européen <i>Demande de brevet initiale</i>		<input type="checkbox"/>	
		N° _____ Date _____	
3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) PROCEDE ET DISPOSITIF DE DE-ENTRELACEMENT PAR ANALYSE DE PIXELS			
4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE		Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
5 DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases)		<input checked="" type="checkbox"/> Personne morale <input type="checkbox"/> Personne physique	
Nom ou dénomination sociale		STMICROELECTRONICS SA	
Prénoms			
Forme juridique		Société Anonyme	
N° SIREN		3 4 1 4 5 9 3 8 6	
Code APE-NAF		3 2 1 B	
Domicile ou siège	Rue	29, boulevard Romain Rolland	
	Code postal et ville	9 2 1 2 0 MONTRouGE	
	Pays	FRANCE	
Nationalité		Française	
N° de téléphone (facultatif)		N° de télécopie (facultatif)	
Adresse électronique (facultatif)			
		<input type="checkbox"/> S'il y a plus d'un demandeur, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	

Remplir impérativement la 2^{ème} page



BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE
page 2/2

BR2

REMISE DES PIÈCES DATE 19 FEV 2003 LIEU 75 INPI PARIS N° D'ENREGISTREMENT 0302013 NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI	
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

DB 540 W / 210502

6 MANDATAIRE <i>(s'il y a lieu)</i>	
Nom	BENTZ
Prénom	Jean-Paul
Cabinet ou Société	CABINET BALLOT
N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel	
Adresse	Rue
	Code postal et ville
	Pays
N° de téléphone <i>(facultatif)</i>	122, rue Edouard Vaillant
N° de télécopie <i>(facultatif)</i>	92 15 19 13 LEVALLOIS-PERRET CEDEX
Adresse électronique <i>(facultatif)</i>	FRANCE
N° de téléphone <i>(facultatif)</i>	0149 64 61 00
N° de télécopie <i>(facultatif)</i>	01 49 64 61 30
Adresse électronique <i>(facultatif)</i>	
7 INVENTEUR (S)	
Les inventeurs sont nécessairement des personnes physiques	
Les demandeurs et les inventeurs sont les mêmes personnes	<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non : Dans ce cas remplir le formulaire de Désignation d'inventeur(s)
8 RAPPORT DE RECHERCHE	
Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)	
Établissement immédiat ou établissement différé	<input checked="" type="checkbox"/> Établissement immédiat <input type="checkbox"/> Établissement différé
Païement échelonné de la redevance <i>(en deux versements)</i>	Uniquement pour les personnes physiques effectuant elles-mêmes leur propre dépôt <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES	
Uniquement pour les personnes physiques	
<input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention <i>(joindre un avis de non-imposition)</i> <input type="checkbox"/> Obtenue antérieurement à ce dépôt pour cette invention <i>(joindre une copie de la décision d'admission à l'assistance gratuite ou indiquer sa référence)</i> : AG	
10 SÉQUENCES DE NUCLEOTIDES ET/OU D'ACIDES AMINÉS	
<input type="checkbox"/> Cochez la case si la description contient une liste de séquences	
Le support électronique de données est joint	<input type="checkbox"/>
La déclaration de conformité de la liste de séquences sur support papier avec le support électronique de données est jointe	<input type="checkbox"/>
Si vous avez utilisé l'imprimé « Suite », indiquez le nombre de pages jointes	
11 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE	
(Nom et qualité du signataire) Jean-Paul BENTZ CPI N° 99-0308 CABINET BALLOT	
VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI L. MARIELLO	

Procédé et dispositif de dé-entrelacement par analyse de pixels

5 La présente invention concerne un procédé et
dispositif de dé-entrelacement, notamment pour adapter
des signaux constitués de champs entrelacés à des
systèmes dits de balayage progressif. On rappelle
qu'une image vidéo classique est constituée, pour
10 chaque image, de deux champs, dits champ pair et champ
impair, qui sont entrelacés sur des lignes alternées.
A l'affichage, ces champs sont balayés successivement
dans le temps sur l'écran, typiquement un tube
cathodique, les lignes du second champ d'une image
15 étant balayées sur les espaces laissés entre les lignes
de balayage du premier champ. Par rapport à un
balayage progressif, où les lignes successives d'une
image complète sont affichées séquentiellement, le
balayage par trame entrelacée permet, d'une part de
20 doubler la résolution verticale en gardant la même
bande passante ou, à résolution verticale égale de
doubler la fréquence de retour de trame et de réduire
de ce fait les effets de scintillement.

Les signaux vidéo analogiques et numériques sont
25 généralement formatés sous forme de trames entrelacées,
dite "vidéo entrelacée". Il est donc nécessaire de
prévoir des systèmes qui convertissent les signaux
vidéo entrelacés en vidéo non-entrelacée lorsqu'il est
nécessaire de les afficher en mode de balayage
30 progressif. Ce dernier est utilisé notamment dans les
dispositifs d'affichage adressables ligne par ligne

tels que les écrans à plasma, à cristaux liquides, à diodes électroluminescentes organiques, etc. qui utilisent par exemple un réseau matriciel d'électrodes. De tels systèmes, dits de "dé-entrelacement" doivent produire toutes les lignes affichées d'une image à partir d'un seul champ des deux champs qui la composent. Or, un champ ne contenant qu'une ligne sur deux de l'image, le dé-entrelacement fait appel à des techniques d'interpolation qui permettent de déterminer le contenu des lignes manquantes sur la base du contenu de leurs lignes voisines et le cas échéant des champs voisins.

De manière classique, la sortie interpolée du signal de-entrelacé est composée à partir d'une interpolation spatiale et d'une interpolation temporelle selon une pondération variable. La contribution de chacune de ces deux interpolations dans la composition est généralement variable sur une plage comprenant les deux cas extrêmes, à savoir respectivement 100% d'interpolation spatiale et 100% d'interpolation temporelle. La décision en question consiste alors à déterminer les pondérations respectives d'interpolation spatiale et temporelle dans la constitution du signal interpolé en sortie. Cette détermination est réalisée par un mélangeur, plus généralement connu par l'appellation anglo-saxonne de "fader", qui reçoit en entrée les deux types d'interpolation et produit en sortie le signal interpolé avec les pondérations précitées.

Dans l'entrelacement de base, les lignes manquantes sont dans la plupart des cas interpolées par

filtrage spatial passe-bas des lignes voisines existantes. On utilise une technique de fusion de champs lorsque le support est un film, car on sait alors qu'un champ impair suivi par le champ pair correspondant sont liés à la même position temporelle ou qu'un champ pair suivi par le champ impair correspondant sont liés à la même position temporelle, les systèmes de détection de film permettant d'identifier l'une ou l'autre des situations. De manière plus générale, on peut employer l'interpolation temporelle dans le cas d'une image fixe. Cela présente l'avantage d'éviter des pertes inutiles de définition provoquées par le filtrage spatial passe bas.

Dans la plupart des systèmes de dé-entrelacement qui utilisent à la fois l'interpolation temporelle et l'interpolation spatiale, une décision est prise une fois par champ, en général en prenant l'option la plus sûre, basée sur une détection du film.

Cela implique que le filtrage temporel n'est utilisé que si l'on détecte l'image complète comme statique. Ceci mène souvent à des artefacts de commutation, où l'image a un bon piqué lorsque tout est immobile, mais le perd dès qu'un mouvement apparaît.

Par ailleurs, on évolue vers des contenus vidéos dans lesquels on insère des parties statiques, tels que des logos dans des images en mouvement ou du texte défilant, sur une image quasiment statique. Dans ce cas, il est souhaitable d'utiliser une interpolation plutôt spatiale dans certaines parties de l'image et une interpolation plutôt temporelle dans d'autres. Il existe également des sources où certaines parties de

l'image ont un contenu vidéo alors que d'autres parties proviennent d'un film.

Il en résulte que dans tous les systèmes de dé-entrelacement nécessitant une détection de film, le dé-entrelacement n'est pas optimal sur toute l'image.

Des systèmes de dé-entrelacement sophistiqués à compensation de mouvement souffrent également de cette dernière limitation.

Au vu de ce qui précède, l'invention propose un système de dé-entrelacement dont l'avantage principal comparativement à d'autres est qu'elle ne nécessite pas un haut niveau de performance au niveau du système de détection du support, quelque soit ce dernier (film, vidéo, ou mélange des deux). La mise en œuvre de l'invention est également bien moins onéreuse que les solutions sophistiquées à compensation de mouvement, également basées sur une détection du support.

Plus particulièrement, l'invention propose, selon un premier objet, un procédé de dé-entrelacement d'un signal vidéo, dans lequel on produit en sortie un signal d'images vidéo dé-entrelacées par interpolation des pixels manquants du signal vidéo entrelacé présenté en entrée, l'interpolation sur le signal en sortie étant composée sélectivement à partir d'une interpolation spatiale et d'une interpolation temporelle avec prise de décision sur le degré variable de présence d'interpolation spatiale et d'interpolation temporelle dans ledit signal en sortie, cette décision étant prise en fonction d'une détection de mouvement dans la zone concernée de l'image,

caractérisé en ce que cette décision est prise en outre en fonction d'une détection du détail dans une zone concernée de l'image.

Avantageusement, la décision est prise pour chaque
5 pixel individuel interpolé.

Dans le mode de réalisation préféré, l'interpolation spatiale est réalisée sur la base d'une détermination de la direction, parmi un ensemble de directions considérées reliant des pixels sur des
10 lignes différentes d'une fenêtre de pixels donnée, pour laquelle on obtient le minimum de différence entre les valeurs des pixels sur les lignes différentes ainsi reliés le long de cette direction, où l'une des directions considérées correspond à un angle de
15 sensiblement 26° et/ou un angle de sensiblement 63° par rapport la verticale, pour une géométrie à pas de pixel égal dans les sens vertical et horizontal.

Avantageusement, l'interpolation spatiale est
réalisée sur la base d'une détermination de la
20 direction, parmi un ensemble de directions considérées reliant des pixels sur des lignes différentes d'une fenêtre de pixels donnée, pour laquelle on obtient le minimum de différence entre les valeurs des pixels sur les lignes différentes ainsi reliés le long de cette
25 direction, où lorsqu'il existe plusieurs directions produisant le même minimum de différence entre les valeurs des pixels ainsi reliés, on sélectionne la direction verticale ou, le cas échéant, la direction la plus proche de la direction verticale.

30 L'interpolation spatiale peut être réalisée sur la base d'une détermination de la direction, parmi un

ensemble de directions considérées reliant des pixels sur des lignes différentes d'une fenêtre de pixels donnée, pour laquelle on obtient le minimum de différence entre les valeurs des pixels sur les lignes différentes ainsi reliés le long de cette direction, où lorsqu'il existe deux directions symétriques diamétralement opposées produisant le même minimum de différence entre les valeurs des pixels ainsi reliés, et faisant en sorte qu'aucune des deux directions ne soit plus proche de la direction verticale que l'autre, on sélectionne à la place la direction verticale.

L'interpolation spatiale peut être réalisée sur la base d'un moyennage de valeurs de pixels, où l'on prend les mêmes positions de pixels pour déterminer à la fois le moyennage de la composante de luma du signal vidéo entrelacé en entrée et le moyennage de la composante de chroma, dans la mesure où les mêmes pixels sont disponibles pour les deux composantes.

L'interpolation spatiale peut être réalisée sur la base d'une détermination de la direction, parmi un ensemble de directions considérées reliant des pixels sur des lignes différentes d'une fenêtre de pixels donnée, pour laquelle on obtient le minimum de différence entre les valeurs des pixels sur les lignes différentes ainsi reliés le long de cette direction, où la détermination est réalisée sur la composante luma du signal vidéo entrelacé en entrée, et en ce que la direction ainsi déterminée est également utilisée comme direction d'interpolation pour la composante chroma de ce signal vidéo.

Avantageusement, la détection de mouvement est réalisée, pour un pixel donné, par un calcul récursif mettant en œuvre un rebouclage d'une valeur intermédiaire de valeur de mouvement avec atténuation
 5 d'un facteur FA inférieur à 1.

De préférence, la valeur de mouvement M est déterminée pour un pixel à interpoler X d'un champ m par application de l'algorithme suivant :

$M0 = \max(|A - D|, FA * M(N))$
 10 $Mp = \min(M(N1), M(N1+1))$
 $M = \max(M0, Mp);$
 où :

A est le pixel à la même position que le pixel X, mais dans le champ m+1,

15 D est le pixel à la même position que le pixel X, mais dans le champ m-1,

M(N) correspond à la valeur M0 calculée une trame avant, soit N lignes avant, N étant le nombre total de lignes de l'image.

20 M(N1) correspond à la valeur M0 calculée N1 lignes avant, où

$N1 = (N-1)/2$ dans le cas où N est impair

$N1 = (N-2)/2$ dans le cas où N est pair et où les lignes de luma à interpoler sont les 2èmes, 4èmes etc.
 25 lignes de l'image,

$N1 = N/2$ dans le cas où N est pair et où les lignes de luma à interpoler sont les 1ères, 3èmes etc. lignes de l'image,

M(N1+1) correspond à la valeur M0 calculée
 30 (N+1) lignes avant, et

FA est le facteur d'atténuation.

De préférence, le facteur d'atténuation FA est égal à 15/16.

La pondération peut être déterminée sur la base de la composante luma du signal vidéo.

5 L'interpolation déterminée sur la composante luma du signal vidéo est obtenue par l'algorithme suivant :

$I = \text{med}(s, t+M, t-M)$ si $M \leq d$

sinon $I = s$.

où I représente l'interpolation finale,

10 s représente l'interpolation spatiale,

t représente l'interpolation temporelle,

M représente la mesure de mouvement à la position à interpoler,

15 d représente la mesure de détail à la position à interpoler, et

med(a,b,c) représente la fonction médian de a, b, c.

La sélection réalisée sur la base de la composante luma du signal peut être aussi appliquée à la composante chroma.

De préférence :

i) dans le cas où l'interpolation finale sur la luma est plus proche de l'interpolation temporelle, l'interpolation finale de la chroma est l'interpolation temporelle ; et/ou

ii) dans le cas où l'interpolation finale sur la luma est plus proche de l'interpolation spatiale, l'interpolation finale de la chroma est l'interpolation spatiale ; et/ou

30 iii) lorsque les interpolations spatiale et temporelle ont une égale contribution dans

l'interpolation finale de la luma, les interpolations spatiale et temporelle ont une égale contribution dans l'interpolation finale de la chroma.

Selon un deuxième aspect, l'invention concerne un
5 appareil de dé-entrelacement d'un signal vidéo, produisant en sortie un signal d'images vidéo dé-entrelacées par interpolation des pixels manquants du signal vidéo entrelacé présenté en entrée (E), l'appareil comprenant des moyens pour réaliser
10 l'interpolation sur ledit signal en sortie par composition sélective à partir d'une interpolation spatiale et d'une interpolation temporelle avec prise de décision sur le degré variable de présence d'interpolation spatiale et/ou d'interpolation
15 temporelle dans ledit signal en sortie, ces moyens prenant ladite décision en fonction d'une détection de mouvement dans la zone concernée de l'image,

caractérisé en ce que les moyens prennent ladite décision en outre en fonction d'une détection du détail
20 dans une zone concernée de l'image.

Les moyens cités peuvent déterminer la pondération pour chaque pixel individuel interpolé.

L'appareil précité peut comprendre des moyens
25 programmés pour réaliser le procédé selon le premier aspect.

Selon un troisième aspect, l'invention concerne un appareil de visualisation vidéo à affichage par balayage séquentiel pouvant fonctionner à partir de
30 signaux vidéo entrelacés en entrée, caractérisé en ce qu'il comprend un appareil selon le deuxième aspect

pour réaliser le dé-entrelacement permettant d'obtenir les signaux de balayage séquentiel.

L'invention et les avantages qui en découlent apparaîtront plus clairement à la lecture de la description qui suit des modes de réalisation préférés, donnés purement à titre d'exemples non-limitatifs par référence aux dessins annexés, dans lesquels :

- la figure 1 est un schéma fonctionnel d'un système de dé-entrelacement conforme à l'invention ;

10 - la figure 2 est une représentation de pixels sur deux lignes et couvrant trois champs successifs intervenant dans l'interpolation temporelle conformément à l'invention ;

15 - la figure 3 est une représentation de pixels sur une fenêtre de trois lignes et cinq colonnes d'un même champ intervenant dans l'interpolation spatiale conformément à l'invention ;

20 - les figures 4a à 4g reprennent chacune la représentation de la figure 3 en indiquant respectivement une direction d'interpolation spatiale possible, à savoir : verticale (figure 4a), diagonale à $+26^\circ$, diagonale à $+45^\circ$ (figure 4b), diagonale à $+63^\circ$ (figure 4c), diagonale à -26° (figure 4d), diagonale à -45° (figure 4e), et diagonale à -63° (figure 4g) ;

25 - la figure 5 est une représentation de pixels sur de trois lignes et couvrant cinq champs successifs intervenant dans la détection de mouvement conformément à l'invention ; et

30 - la figure 6 est un schéma fonctionnel des éléments permettant une mise en œuvre d'un algorithme

de détection de mouvement conformément à la présente invention.

Un schéma bloc du système de dé-entrelacement 1 selon le mode de réalisation préféré de l'invention est
5 donné par la figure 1.

Ce système 1 accepte en entrée E les champs successifs d'un signal vidéo entrelacé, chaque champ correspondant à une demi image vidéo en contenant une ligne sur deux en alternance sur toute cette image. En
10 sortie S, le système produit, pour chaque champ d'entrée, une image vidéo complète en remplissant les lignes absentes du champ grâce à une technique d'interpolation. Cette technique d'interpolation peut utiliser des informations provenant de plusieurs champs
15 successifs, notamment du champ précédant et du champ successif. Cela peut impliquer un délai d'une période égale à un champ dans la sortie, mais on garde néanmoins le bilan d'une image vidéo complète en sortie par champ présenté en entrée. Le signal en sortie S
20 est ainsi apte à être exploité sur un écran à balayage progressif, tel qu'un écran plasma, à cristaux liquides et autres dispositifs d'affichage matriciels, ainsi que certains types de tube cathodique spécialement conçus pour ce type de balayage.

25 Au niveau fonctionnel, les champs vidéo entrelacés présentés à l'entrée E du système sont transmis simultanément et en parallèle à quatre unités :

- une unité de détection de détail 2,
- 30 - une unité de détection de mouvement 4,
- une unité d'interpolation spatiale 6, et

- une unité d'interpolation temporelle 8.

Les sorties de ces quatre unités 2-6 sont présentées en entrée d'une unité de sélection d'interpolation 10, également désigné par le terme de
5 mélangeur (ou "fader" en terminologie anglo-saxonne), qui produit à sa sortie S le signal dé-entrelacé Sde du système 1 pour exploitation.

L'unité de sélection d'interpolation 10 produit son signal de sortie S à partir des interpolations
10 spatiales et temporelles disponibles sur ses entrées. Plus particulièrement, ce signal de sortie est de composition variable sur une plage de 100% d'interpolation spatiale à 100% d'interpolation temporelle, la contribution de chacune des ces
15 composantes étant fixée par des coefficients de pondération respectivement P_s et P_t pour les interpolations spatiales et temporelles. En jouant sur ces coefficients, l'unité de sélection peut produire des mélanges d'interpolation entre ces deux extrêmes,
20 d'où la désignation de mélangeur. Pour déterminer les pondérations - et donc le taux de mélange des deux interpolations dans le signal de sortie - l'unité évalue pour le pixel de l'image concerné non seulement l'information sur le mouvement telle que fournie par
25 l'unité de détection de mouvement 4, mais aussi l'information sur le détail, telle que fournie par l'unité de détection de détail 2.

Les coefficients de pondération entre les interpolations spatiale et temporelle peuvent être
30 établis à partir de la formule du médian :

13

med (t-M, t+M, s), où t et s sont respectivement ..., les valeurs des interpolations temporelle et spatiale et M la valeur de la mesure du mouvement

5 Ces formules son bien connues dans le domaine et ne seront pas analysées ici par souci de concision.

Dans la pratique, on peut réaliser un filtre médian à faible coût en termes de structure matérielle ("hardware"), alors que le calcul exact des
10 coefficients de pondération suivi de leur application pour calculer l'interpolation finale est généralement plus coûteux.

De la même façon, pour déterminer quelle pondération devra être prépondérante, on utilise la
15 valeur calculée de l'interpolation finale et on compare directement la différence entre cette interpolation et l'interpolation spatiale d'une part et la différence entre cette interpolation finale et l'interpolation temporelle d'autre part.

20 L'unité de sélection d'interpolation 10 est capable de commuter - c'est-à-dire sélectionner les pondérations - à chaque pixel du signal, conférant ainsi la possibilité de choisir la composition de l'interpolation en sortie la plus adaptée pour chaque
25 pixel individuel interpolé.

Dans le mode de réalisation préféré le système 1:

- l'unité d'interpolation spatiale 6 opère par détection de transitions, en association à une
30 fiabilité spatiale. L'avantage de ce système est que

la fiabilité spatiale provient naturellement de la détection de transitions elle-même ;

- l'unité de détection de mouvement 4 prend en compte les effets dynamiques perceptuels de changements de mouvements locaux dans une scène. Par comparaison à d'autres systèmes, la détection de mouvement est prévue pour rendre, en combinaison avec la fiabilité spatiale et la décision basée sur le pixel, le meilleur compromis entre la résolution verticale et la variation de performances dans le cas de changements de mouvements locaux ; et

- l'unité sélection (ou de décision) 10 met en œuvre une logique floue au niveau de chaque pixel, qui prend en compte la fiabilité spatiale et la détection de mouvement pour commander un commutateur de sélection de sortie entre l'interpolation spatiale et temporelle. L'avantage du système est qu'il est robuste vis-à-vis d'une détection de mouvement erronée, telle qu'elle peut se produire notamment lors d'un défilement rapide de texte. La décision basée sur le pixel permet d'obtenir au niveau local les meilleures performances de dé- entrelacement, quelque soit le support à la source (vidéo, film, ou mélange).

Un but important recherché dans le transfert d'un contenu vidéo entrelacé vers un support progressif est l'élimination des artéfacts tels que le scintillement, ou le "rampage" de ligne (connu également par le terme anglo-saxon de "line crawling", qui sont inhérents à un système à balayage avec entrelacement.

L'algorithme proposé ne nécessite pas de détection du film. En effet, la combinaison de l'interpolation spatiale directionnelle et de l'interpolation temporelle, commandées par des
5 décisions sur la base du pixel, permet d'obtenir un dé-entrelacement optimisé localement.

Un autre point faible des systèmes existants de dé-entrelacement adaptatif basés sur le pixel est qu'ils produisent des décisions basées uniquement sur
10 l'estimation de mouvement. De la sorte, ils avouent leurs limites dès que l'estimation de mouvement est prise en faute, ce qui se produit notamment lors d'un défilement rapide de texte, provoquant des artéfacts fort pénibles à supporter.

15 Le système conforme à l'invention ne souffre pas d'une telle limitation grâce à sa capacité de décision basée sur le pixel, qui utilise à la fois l'estimation de mouvement et la fiabilité de l'interpolation spatiale.

20 La fiabilité de l'interpolation spatiale est donnée pour rien dans l'interpolation spatiale car elle est dérivée directement de la détection de transition.

L'algorithme conforme à l'invention est
25 également remarquable, relativement aux systèmes classiques d'entrelacement qui utilisent un estimateur de mouvement, par le fait que ce dernier, dans le cas de l'invention, prend en compte les effets de perception dynamiques des changements de mouvements. En
30 combinaison avec la décision basée sur le pixel, l'algorithme conforme à l'invention assure qu'aucun

artefact de commutation n'apparaisse dans l'image lorsqu'un objet se met à bouger ou cesse de bouger dans l'image.

Formats vidéo.

5 Le système de dé-entrelacement conforme à l'invention peut gérer les formats YUV 4:2:2 et YUV 4:2:0, dérivés de la norme numérique YCRCB. Dans le principe, le système pourrait s'appliquer aux sources YUV 4:4:4, mais ces sources YUV font figure
10 d'exception, et en général, ne peuvent être gérés par les blocs de traitement ("processing" en terminologie anglo-saxonne) qui suivent traditionnellement un dé-entrelacement. Le présent système de dé-entrelacement ne modifie pas le format. Les composantes U et V sont
15 co-situées et subissent toujours le même traitement l'une par rapport à l'autre. Aussi désignera-t-on par la suite la composante UV solidairement, plutôt que de faire référence séparément aux composantes U et V.

20 Dans ce qui suit, on utilise les désignations suivantes :

 - m est le numéro de champ. Les valeurs impaires de m correspondent aux champs comprenant les 1eres, 3emes etc. lignes de l'image complète et les valeurs paires de m correspondent aux champs comprenant
25 les 2emes, 4emes etc. lignes de l'image complète ;

 - le numéro de ligne est n en commençant par 1 en haut de l'image, jusqu'au nombre total de lignes dans la trame complète. Dans les champs impairs, Y n'est défini que pour les valeurs impaires de n ; dans
30 les champs pairs, Y n'est défini que pour les valeurs paires de n. Le système de dé-entrelacement effectue

une interpolation sur les lignes paires des champs impairs et sur les lignes impaires des champs pairs ;

- la position de colonne est donnée par un nombre k commençant par 1 pour le pixel situé le plus à gauche. On suppose que k est un nombre pair.

Pour les entrées 4:2:2,

- dans les champs impairs : on définit UV pour chaque n impair et pour chaque k impair, et
- dans les champs pairs : on définit UV pour chaque n pair et chaque k impair.

Le système de dé-entrelacement interpole UV,

- dans les champs impairs : pour chaque n pair et chaque k impair dans les champs impairs et
- dans les champs pairs : pour chaque n impair et chaque k impair.

Pour les entrées 4:2:0,

- dans les champs impairs : on définit UV pour $n = 1, 5, 9, \dots$ et pour chaque k impair, et
- dans les champs pairs, on définit UV pour $n = 3, 7, 11$ et pour chaque k impair.

Le système de dé-entrelacement interpole UV :

- dans les champs impairs : pour $n = 3, 7, 11, \dots$ et chaque k impair, et
- dans les champs pairs : pour $n = 1, 5, 9$ et chaque k impair.

Les lignes d'origine sont gardées sans modification; seules les lignes manquantes sont interpolées. Ceci permet de garder tout au long du traitement la structure de champ, et de ne basculer vers une structure de trame qu'à la sortie du dé-entrelaceur. On remarque que dans les algorithmes

faisant appel à des filtres polyphases, tels que ceux typiquement utilisés dans les algorithmes de zoom, les lignes d'origine sont également modifiées.

Le fait d'utiliser le détail de l'image comme l'un des critères de sélection de l'interpolation est avantageux par rapport aux techniques de sélection basées sur le simple critère de détection de mouvement, car il permet de rattraper des éventuelles défaillances dans la détection de mouvement.

Pour chaque pixel, on estime :

- la valeur que prendrait le pixel s'il était interpolé intégralement de manière spatiale,

- la valeur que prendrait le pixel s'il était interpolé intégralement de manière temporelle,

- la fiabilité de l'interpolation spatiale dans la détection de détail, et

- la fiabilité de l'interpolation temporelle dans la détection de mouvement.

Dans le bloc de sélection de sortie, les deux fiabilités précitées sont comparées pour commander la commutation floue ("fuzzy switching" en terminologie anglo-saxonne) qui mélange les deux interpolations pour produire la valeur finale en sortie.

L'interpolation temporelle.

Le principe de l'interpolation temporelle est représenté à la figure 2.

L'interpolation du pixel manquant X est $t = (A + D) / 2$, où A et D sont les pixels à la même position respectivement dans le champ suivant et le champ précédant. L'interpolation temporelle introduit un retard égal à un champ dans le système.

Pour la luma Y, cette formule est valable pour tout k et tout n pair dans les champs impairs, et pour tout k et tout n impair dans les champs pairs.

Pour les chromas 4:2:2, la formule est valable
5 pour tout k impair et tout n pair dans les champs impairs, et pour tout k impair et tout n impair dans les champs pairs.

Pour les chromas 4:2:0, la formule est valable pour tout k impair et $n=3,7,11,\dots$ dans les champs
10 impairs, et pour tout k impair et $n=1,5,9,\dots$ dans les champs pairs.

L'interpolation spatiale.

L'interpolation spatiale consiste à rechercher la meilleure direction pour l'interpolation, cette
15 recherche étant effectuée au sein d'une fenêtre de 5×3 pixels, comme le montre la figure 3.

L'approche consiste à rechercher la direction pour laquelle les modifications entre la ligne $n-1$ et la ligne $n+1$ sont minimales.

20 A titre d'exemple, si les différences entre les pixels aux positions $(n-1, k-2)$ et $(n+1, k-2)$, $(n-1, k-1)$ et $(n+1, k-1)$, $(n-1, k)$ et $(n+1, k)$, $(n-1, k+1)$ et $(n+1, k+1)$, $(n-1, k+2)$ et $(n+1, k+2)$ tendent à être plus grandes que les différences entre les pixels aux
25 positions $(n-1, k)$ et $(n+1, k-2)$, $(n-1, k+1)$ et $(n+1, k-1)$, $(n-1, k+2)$ et $(n+1, k)$, alors il apparaîtra plus logique d'interpoler le pixel manquant à la position (n, k) en tant que la moyenne des pixels aux positions $(n-1, k+1)$ et $(n+1, k-1)$, plutôt que de considérer les pixels aux
30 positions $(n-1, k)$ et $(n+1, k)$.

La fenêtre de 5*3 pixels permet d'effectuer la recherche dans le sens vertical et dans trois directions diagonales sur chaque côté.

Pour chaque direction K, on calcule la somme pondérée des différences absolues ("sum of absolute differences" en terminologie anglo-saxonne) SAD(K) :

- direction verticale (K=0), cf. figure 4a :

$$\text{SAD}(0) = 0,125 * |Y(n-1, k-1) - Y(n+1, k-1)| + 0,75 * |Y(n-1, k) - Y(n+1, k)| + 0,25 * |Y(n-1, k+1) - Y(n+1, k+1)|.$$

10 - direction diagonale à 26° (K=1), cf. figure 4b

$$\text{SAD}(1) = 0,1875 * |Y(n-1, k-1) - Y(n+1, k-2)| + 0,3125 * |Y(n-1, k) - Y(n+1, k-1)| + 0,3125 * |Y(n-1, k+1) - Y(n+1, k)| + 0,1875 * |Y(n-1, k+2) - Y(n+1, k+1)|.$$

15 - direction diagonale à 45° (K=2), cf. figure 4c

$$\text{SAD}(2) = 0,3125 * |Y(n-1, k) - Y(n+1, k-2)| + 0,375 * |Y(n-1, k+1) - Y(n+1, k-1)| + 0,3125 * |Y(n-1, k+2) - Y(n+1, k)|.$$

- direction diagonale à 63° (K=3), cf. figure 4d

20 :

$$\text{SAD}(3) = |Y(n-1, k+2) - Y(n+1, k-2)|.$$

- direction diagonale -26° (K=-1), cf. figure 4e

:

$$\text{SAD}(-1) = 0,1875 * |Y(n+1, k-1) - Y(n-1, k-2)| + 0,3125 * |Y(n+1, k) - Y(n-1, k-1)| + 0,3125 * |Y(n+1, k+1) - Y(n-1, k)| + 0,1875 * |Y(n+1, k+2) - Y(n-1, k+1)|.$$

- direction diagonale -45° (K=-2), cf. figure 4f

:

$$\text{SAD}(-2) = 0,3125 * |Y(n+1, k) - Y(n-1, k-2)| + 0,375 * |Y(n+1, k+1) - Y(n-1, k-1)| + 0,3125 * |Y(n+1, k+2) - Y(n-1, k)|.$$

- direction diagonale - 63° ($k=-3$), cf. figure
5 4g :

$$\text{SAD}(-3) = |Y(n+1, k+2) - Y(n-1, k-2)|.$$

La meilleure direction pour l'interpolation est celle qui correspond à la valeur SAD minimale.

La recherche est effectuée uniquement pour la
10 composante Y. La meilleure direction trouvée est ensuite appliquée également pour l'interpolation spatiale de la chroma, comme suit :

- pour une chroma 4:2:2 à une position donnée (n, k), on applique la décision rendue pour la luma à la
15 position (n, k) ;

- pour un chroma 4:2:0, UV n'est pas en co-site avec la luma Y. A une position donnée, on applique la décision rendue pour l'échantillon luma le plus proche, c'est-à-dire juste en dessous dans le champ impair, ou
20 juste au-dessus dans le champ pair.

L'avantage de disposer d'une recherche de meilleure direction indépendante pour la chroma est limité :

- les entrées chroma ne sont disponibles que
25 pour les valeurs de k impaires. Il devient alors difficile de déterminer avec précision laquelle des directions, de la verticale à $\pm 63^\circ$ est la meilleure ;

- on bénéficie de l'interpolation directionnelle principalement au niveau des transitions. Or dans les
30 images vidéo naturelles, les transitions de chroma

correspondent le plus souvent aux positions des transitions de luma ;

- la décision d'atténuation est de toute façon basée sur la composante luma, puisqu'il est tout à fait
5 irréaliste d'obtenir une détection de mouvement sur la base de la chroma.

Les interpolations spatiales Ys et UVs sont définies comme suit.

Pour la luma Y :

10 Si $\min(\text{SAD}) = \text{SAD}(0)$ alors $Y_{s1} = (Y(n-1, k) + Y(n+1, k)) / 2$

Si $\min(\text{SAD}) = \text{SAD}(1)$ alors $Y_{s1} = (Y(n-1, k) + Y(n+1, k-1) + Y(n-1, k+1) + Y(n+1, k)) / 4$

15 Si $\min(\text{SAD}) = \text{SAD}(2)$ alors $Y_{s1} = (Y(n-1, k+1) + Y(n+1, k-1)) / 2$

Si $\min(\text{SAD}) = \text{SAD}(3)$ alors $Y_{s1} = (Y(n-1, k+2) + Y(n+1, k-2)) / 2$

Si $\min(\text{SAD}) = \text{SAD}(-1)$ alors $Y_{s1} = (Y(n-1, k-1) + Y(n+1, k) + Y(n-1, k) + Y(n+1, k+1)) / 4$

20 Si $\min(\text{SAD}) = \text{SAD}(-2)$ alors $Y_{s1} = (Y(n-1, k-1) + Y(n+1, k+1)) / 2$

Si $\min(\text{SAD}) = \text{SAD}(-3)$ alors $Y_{s1} = (Y(n-1, k-2) + Y(n+1, k+2)) / 2$

Enfin Ys est donné par : $Y_s = Y_{s1}$ si Y_{s1} entre
25 $Y(n-1, k)$ et $Y(n+1, k)$,

sinon $Y_s = (Y(n-1, k) + Y(n+1, k)) / 2$.

Ce dernier cas permet avantageusement d'éviter qu'il se produise des artefacts de discontinuités sur des transitions subtiles. De telles discontinuités
30 sont désagréables, notamment en présence d'un défilement de texte.

La formule est valable pour tout k et tout n pair dans les champs impairs, et pour tout k et tout n impair dans les champs pairs.

Pour la chroma 4:2:2:

5 Si $\min(\text{SAD}) = \text{SAD}(0)$ alors :
 $\text{Vs1} = (\text{UV}(n-1, k) + \text{UV}(n+1, k)) / 2.$
 Si $\min(\text{SAD}) = \text{SAD}(1)$ alors :
 $\text{UVs1} = (3 * \text{UV}(n-1, k) + \text{UV}(n+1, k-2) + \text{UV}(n-1, k+2) + 3 * \text{UV}(n+1, k)) / 8.$
 10 Si $\min(\text{SAD}) = \text{SAD}(2)$ alors :
 $\text{UVs} = (\text{UV}(n-1, k) + (\text{UV}(n-1, k+2) + \text{UV}(n+1, k-2) + \text{UV}(n+1, k)) / 4.$
 Si $\min(\text{SAD}) = \text{SAD}(3)$ alors $\text{UVs1} = (\text{UV}(n-1, k+2) + \text{UV}(n+1, k-2)) / 2.$
 15 Si $\min(\text{SAD}) = \text{SAD}(-1)$ alors :
 $\text{UVs1} = (\text{UV}(n-1, k-2) + 3 * \text{UV}(n+1, k) + 3 * \text{UV}(n-1, k) + \text{UV}(n+1, k+2)) / 8.$
 Si $\min(\text{SAD}) = \text{SAD}(-2)$ alors :
 $\text{UVs1} = (\text{UV}(n-1, k-2) + (\text{UV}(n-1, k) +$
 20 $\text{UV}(n+1, k) + \text{UV}(n+1, k+2)) / 4.$
 Si $\min(\text{SAD}) = \text{SAD}(-3)$ alors $\text{UVs1} = (\text{UV}(n-1, k-2) + \text{UV}(n+1, k+2)) / 2.$
 Enfin, UVs est donné par : $\text{UVs} = \text{UVs1}$ si UVs1 entre $\text{UV}(n-1, k)$ et $\text{UV}(n+1, k)$,
 25 sinon $\text{UVs} = (\text{UV}(n-1, k) + \text{UV}(n+1, k)) / 2.$

Cette formule est valable pour tout k impair et pour tout n pair dans les champs impairs, et pour tout k impair et tout n impair dans les champs pairs.

Pour la chroma 4:2:0:

Par application de la décision prise pour le luma le plus proche, on obtient :

```

5      Si      min(SAD)=SAD(0)      alors      UVs1=(UV(n-
      2,k)+UV(n+2,k))/2;
      Si min(SAD)=SAD(1) alors
      UVs1=(UV(n-2,k)+UV(n+2,k-2)+UV(n-2,k+2)
      +UV(n+2,k))/4.
10     Si min(SAD)=SAD(2) alors
      UVs1=(UV(n-2,k+2)+UV(n+2,k-2))/2.
      Si      min(SAD)=SAD(3)      alors      UVs1=(UV(n-
      2,k+4)+UV(n+2,k-4))/2.
      Si min(SAD)=SAD(-1) alors
15     UVs1=(UV(n-2,k-2)+UV(n+2,k)+UV(n-
      2,k)+UV(n+2,k+2))/4.
      Si min(SAD)=SAD(-2) alors
      UVs1=(UV(n-2,k-2)+UV(n+2,k+2))/2;
      Si      min(SAD)=SAD(-3)      alors      UVs1=(UV(n-2,k-
20    4)+UV(n+2,k+4))/2.
      Enfin, UVs est donné par :
      UVs=UVs1 si UVs1 est entre UV(n-2,k) et
      UV(n+2,k),
      sinon UVs=(UV(n-2,k)+UV(n+2,k))/2.
25     La formule est valable pour tout k impair et
      n=3,7,11,... dans les champs impairs, et pour tout k
      impair et n=1,5,9,... dans les champs pairs.

```

Cas de minima multiples.

En cas de présence de plusieurs valeurs de SAD minimum égales, on choisit la direction la plus proche de la direction verticale. Lorsque deux directions

symétriques (par exemple $K=1$ et $K=-1$) donnent la valeur minimale de SAD, on peut considérer que le calcul de SAD ne permet pas d'obtenir une sélection fiable d'une direction dominante, et on se replie sur
5 l'interpolation verticale.

Choix de la fenêtre.

Le choix de la taille de la fenêtre égale à 5×3 (en pixels) procure un bon compromis. Par géométrie, la largeur de la fenêtre limite l'angle d'interpolation
10 (à 63°). Dans la pratique, il apparaît qu'il est rarement utile de disposer d'une fenêtre plus large pour reconstruire des transitions diagonales et qu'augmenter la fenêtre n'aide guère à la reconstruction de transitions presque horizontales.

15 Des essais avec un format de fenêtre allant jusqu'à 19×3 pixels ont été effectués. Il apparaît alors que la valeur minimale de SAD correspond rarement à un angle supérieur à 63° , même dans les cas de transitions presque horizontales. Une explication
20 serait que pour des angles importants, les pixels pris en compte pour le calcul de la SAD sont éloignés les uns des autres, de sorte que la probabilité qu'ils donneront une SAD minimale est relativement faible. D'un autre côté, l'interpolation faite en moyennant
25 des pixels éloignés entre eux est assez risquée. En fait, le système contribue à éliminer la plupart des situations de transitions diagonales, mais n'est pas à même de bien reconstruire des transitions quasi horizontales, même avec une fenêtre large. En
30 particulier, dans le cas d'une transition horizontale quasi parfaite, on ne trouve aucune SAD minimale, et le

choix le plus sûr est alors d'interpoler verticalement ($k=0$).

L'accroissement de la hauteur de la fenêtre ne conduit pas non plus à une amélioration des performances. La raison principale en est que si l'on étend simplement la définition de la SAD sur plus de lignes, le système recherche alors des transitions avec une pente fixe sur plusieurs lignes, et perd sa capacité à reconstruire des transitions courbes.

On retient que l'interpolation directionnelle produit ses bénéfices surtout sur des transitions. Au sein d'un objet, la précision de la direction est moins critique. Si l'objet n'a pas de détail, alors tous les SAD seront proches de zéro et toute direction d'interpolation sera acceptable. Si l'objet comporte de nombreux détails ou de la texture, il est important d'éviter de créer de fausses corrélations, entre pixels voisins, qui pourraient affecter l'aléa du détail ou la cohérence de la texture. Pour ces raisons, il est préférable d'utiliser une fenêtre de dimensions plutôt réduites.

Calcul de SAD.

Le choix des pondérations données à l'ensemble des différence absolues pour le calcul des SAD n'est pas critique. Toutefois, il est désirable de donner plus de poids à la différence entre les pixels qui sont les plus proches du pixel manquant. Dans la pratique, on choisit des coefficients faciles et peu coûteux à implémenter dans un circuit intégré.

Choix de la direction d'interpolation.

La direction d'interpolation est simplement choisie comme celle qui correspond à la SAD minimale. Dans le cas de minima multiples, on choisit la direction K ayant la plus petite valeur absolue.

5 Comme variante, on peut envisager d'inclure les valeurs de tous les pixels concernés dans le calcul de l'interpolation spatiale. Dans la pratique, cette approche est d'intérêt limité, alors qu'elle met en œuvre un calcul plus complexe. En cas de doute, la

10 direction la plus sûre est dans le sens vertical, car elle exploite les pixels les plus proches du pixel manquant. En cas de minima multiples, il s'avère que les directions trouvées sont uniformément bonnes (par exemple au sein d'une zone dépourvue de détails), et le

15 choix est alors indifférent. Si les directions trouvées sont uniformément mauvaises, il est probable que l'interpolation temporelle sera plus fiable et que l'unité de sélection d'interpolation 10 limitera les éventuels artefacts de l'interpolation spatiale

20 erronée.

Fiabilité de l'interpolation spatiale - mesure du détail.

La SAD minimale fournit également une information sur la fiabilité de l'interpolation spatiale, et peut être utilisée directement comme une

25 "mesure de détail" basique: plus la mesure de détail est élevée, moins la fiabilité sera élevée.

Une autre approche consiste à définir la mesure du détail d comme la différence absolue entre les deux

30 pixels utilisés pour l'interpolation. Dans le cas de $|K|=1$, on prend :

- pour $K=1$, $d=(|Y(n-1,k+1)+Y(n-1,k)-Y(n+1,k)-Y(n+1,k-1)|)/2$.

- pour $k=-1$, $d=(|Y(n-1,k-1)+Y(n-1,k)+Y(n+1,k)-Y(n+1,k+1)|)/2$.

5 La mesure de détail n'est effectuée que sur Y, puisque la décision pour l'unité de sélection d'interpolation 10 n'est prise que pour Y.

On recherche une mesure de détail qui soit bien équilibrée avec la détection de mouvement, afin
10 d'obtenir un bon fonctionnement du commutateur de sélection. Les deux mesures du détail précitées satisfont à cette condition.

On notera que la SAD n'est plus une mesure de détail adéquate lorsque les pondérations données à
15 l'ensemble des différences absolues entre les pixels qui sont les plus proches du pixel manquant dans le SAD ne sont pas plus élevées que les autres (notamment pour le cas de $K=0$).

Détection de mouvement

20 La première raison d'utiliser l'unité de sélection d'interpolation 10 avec choix de sortie entre l'interpolation spatiale et l'interpolation temporelle est de prévenir les artefacts dynamiques et de réduire la contribution de l'interpolation temporelle si
25 nécessaire. Dans la pratique, la perte de définition est considérée comme plus acceptable pour la plupart des observateurs.

L'atténuation est alors contrôlée avant tout à partir d'une mesure de mouvement. Le but de la mesure

est de donner une mesure de la fiabilité de l'interpolation temporelle.

La figure 5 illustre une fenêtre de 3*5 pixels utilisée pour la détermination d'un mouvement D autour d'un pixel X, situé dans le champ m et à la ligne n et à la colonne k. Cette fenêtre occupe trois lignes : n-1, n et n+1 et cinq champs : m-3, m-2, m-1, m et m+1.

Dans les expressions qui figurent ci-après, on utilise les désignations suivantes :

10 A = pixel dans le champ m+1, à la ligne n et à la colonne k

 B = pixel dans le champ m, à la ligne n+1 et à la colonne k

15 B1 = pixel dans le champ m-2, à la ligne n+1 et à la colonne k

 D = pixel dans le champ m-1, à la ligne n et à la colonne k

 D1 = pixel dans le champ m-3, à la ligne n et à la colonne k

20 C = pixel dans le champ m, à la ligne n-1 et à la colonne k,

 C1 = pixel dans le champ m-2, à la ligne n-1 et à la colonne k.

25 (Les désignations A, B, B1, D, D1, C, C1 correspondent en fait aux valeurs des pixels respectifs.)

 Dans cette approche, le mouvement autour d'un pixel X peut être considéré comme le médian des différences absolues $|A-D|$, $|B-B1|$, $|C-C1|$. Dans la pratique, cependant, on mise sur la sécurité et on veut que l'unité de sélection d'interpolation s'oriente

30

davantage vers l'interpolation spatiale dès que l'interpolation temporelle devient trop douteuse . Cela peut s'effectuer au moyen d'une estimation du mouvement maximal autour du pixel X :

$$5 \quad M = \max(|A-D|, |D-D1|, \text{médian}(|A-D|, |B-B1|, |C-C1|)).$$

Ce qui précède peut être formulé de manière équivalente comme suit :

$$M0 = \max(|A-D|, |D-D1|)$$

$$Mp = \min(|B-B1|, |C-C1|)$$

$$10 \quad M = \max(M0, Mp).$$

Un inconvénient de cette mise en œuvre réside dans le fait qu'elle requiert quatre mémoires de champ, alors que $|D-D1|$, $|B-B1|$ et $|C-C1|$ ont préalablement été calculés pour l'évaluation du mouvement pour les champs
15 précédents.

Un autre inconvénient est que les effets dynamiques perceptifs ne sont pas bien pris en compte. En particulier, lorsqu'un objet cesse de bouger, la mesure de mouvement tend vers zéro, l'unité de
20 sélection d'interpolation va aller de façon soudaine vers l'interpolation temporelle, provoquant une augmentation brusque de la résolution, ce qui nécessite une adaptation oculaire de la part de l'observateur. D'un autre côté, le système doit réagir rapidement
25 lorsqu'un objet se met à bouger, même au prix d'une perte de résolution.

Aussi est-il proposé la mise en œuvre récursive suivante.

$$M0 = \max(|A-D|, FA * M(N))$$

$$30 \quad Mp = \min(M(N1), M(N1+1))$$

$M = \max(M_0, M_p)$,

où :

A est le pixel à la même position que le pixel X, mais dans le champ $m+1$,

5 D est le pixel à la même position que le pixel X, mais dans le champ $m-1$,

$M(N)$ correspond à la valeur M_0 calculée une trame avant, soit N lignes avant, N étant le nombre total de lignes.

10 $M(N_1)$ correspond à la valeur M_0 calculée N_1 lignes avant où $N_1 = (N-1)/2$ dans le cas où N est impair
 $N_1 = (N-2)/2$ dans le cas où N est pair et où les lignes de luma à interpoler sont les 2èmes, 4èmes etc lignes de l'image

15 $N_1 = N/2$ dans le cas où N est pair et où les lignes de luma à interpoler sont les 1ères, 3èmes etc lignes de l'image

$M(N_1+1)$ correspond à la valeur M_0 calculée (N_1+1) lignes avant..., et

20 FA est le facteur d'atténuation (par défaut 15/16).

La figure 6 représente de manière symbolique un système de mesure de mouvement permettant de réaliser
 25 cet algorithme. En entrée de ce système est présentée une valeur de pixel A, en l'occurrence le pixel de même désignation sur la fenêtre représentée à la figure 5 du champ $m+1$ et à la ligne n . Le pixel désigné X, appartenant à la même ligne n mais au champ m ,
 30 correspond au pixel pour lequel on estime le mouvement. On note que le pixel A existe au niveau du signal

entrelacé en entrée, alors que le pixel X, situé au même emplacement mais sur le champ précédant, est absent du signal d'entrée, et sa valeur doit être interpolée.

5 Le pixel A est soumis à un retard égal à :
N1 lignes,

typiquement 240 lignes en NTSC numérique, 288 lignes en PAL ou SECAM numériques par un premier élément de retard 12. Dans la figure, ce retard est
10 schématisé par un retard d'un champ, suivi d'un retard d'une ligne, puis d'un champ.

La sortie de cet élément de retard correspond ainsi au pixel D de la figure 5. Les pixels A et D sont présentés à une unité de calcul de la différence
15 absolue 14, qui établit la partie $|A-D|$ de l'expression $M0 = \max(|A-D|, 15/16 * M(N))$.

Une première unité de détermination de valeur maximum 16, qui produit en sortie 16a la plus grande des deux valeurs présentées à des entrées respectives
20 16b et 16c, recueille sur l'une de ces entrées 16b la sortie $|A-D|$ de l'unité 14 et sur l'autre 16c une valeur issue d'une boucle de rétroaction depuis sa sortie 16a. Cette ligne introduit le caractère récursif de l'analyse du mouvement. Plus particulièrement, cette
25 ligne comprend un second élément de retard 18, identique au premier 12, dont l'entrée reçoit la donnée M0, présente à la sortie 16a de la première unité de détermination de valeur maximum. La sortie retardée d'une image M(N) du second élément de retard 18 est
30 présentée en entrée d'une unité de d'application de gain 20 qui applique un facteur d'atténuation FA de

15/16 sur sa valeur algébrique de mouvement. Cette valeur ainsi réduite de $M(N)$ est appliquée à la seconde entrée 16c de l'unité de détermination de valeur maximum 16.

5 En sortie de la boucle de rétroaction, une seconde unité de détermination de valeur maximum 21 produit la valeur M à sa sortie 21a. Cette valeur correspond au maximum entre d'une part la donnée M_0 présentée à une première entrée 21b de cette unité et
10 la donnée issue d'une unité de détermination de valeur minimum 22, présenté à sa seconde entrée 21c. L'unité de détermination de valeur minimum 22 produit à sa sortie 22a celle des deux données $M(N_1)$ et $M(N_1+1)$ présentées sur des entrées respectives 22b et 22c ayant
15 la valeur minimale. La donnée $M(N_1)$ correspond au mouvement calculé entre les pixels B_1 et B de la figure 5. Cette disposition évite de stocker le champ $m-2$ qui serait autrement nécessaire pour déterminer cette valeur de mouvement. La donnée $M(N_1+1)$ correspond à la
20 valeur de mouvement entre C et C_1 , calculée une ligne plus tôt.

De la sorte, la sortie de la valeur M correspond à M_0 , sauf si l'une des valeurs $M(N_1)$ ou $M(N_1+1)$ lui est supérieure, dans lequel cas la sortie M
25 correspondra à la moindre de ces deux valeurs, conformément aux conditions établies ci-dessus pour l'algorithme.

Le facteur d'atténuation FA de 15/16, inférieur à 1, permet d'obtenir la convergence de l'algorithme et
30 de produire le comportement dynamique recherché.

D'autres valeurs de FA peuvent être envisagées selon les applications et les paramétrages du système.

Des essais ont montré qu'une trop forte
réduction du facteur d'atténuation, c'est-à-dire
5 l'atténuation excessive de la valeur $M(N)$, peut
conduire à des artefacts dynamiques. Cela s'explique
par le fait que lorsque l'on diminue le facteur
d'atténuation, le M final tend à être inférieur et
n'est plus bien en adéquation avec la mesure de détail
10 dans le mélangeur de sortie. On obtient alors des
petits groupes de pixels ou des pixels isolés, qui sont
plutôt interpolés temporellement, alors qu'ils
devraient être interpolés spatialement.

On note que la valeur de M est utilisée pour une
15 prise de décision, et non pas en tant que donnée qui
influe directement sur la valeur interpolée. Le délai
de convergence est acceptable, voire même désirable.
D'un côté, on peut en tirer un avantage, car ce délai
empêche un basculement soudain de l'interpolation
20 spatiale à l'interpolation temporelle lorsque des
parties de l'image deviennent immobiles, ce qui
constitue un artefact majeur courant avec les
algorithmes mixtes temporeux et spatiaux. Pour l'œil,
les changements brusques de netteté sont perçus comme
25 irritants et fatigants pour son système d'adaptation.
D'un autre côté, des changements soudains d'une
interpolation temporelle à une interpolation spatiale
sont susceptibles de se produire lorsque des parties de
l'image se mettent en mouvement. Cependant, ce choix
30 reste raisonnable pour éviter les artefacts dynamiques

qui sont perçus comme encore plus désagréables que des changements brusques de définition.

En conclusion, la mesure de mouvement proposée est surtout dédiée à la commande de l'unité de sélection d'interpolation 10 pour le système proposé.

Commutation pour la sélection de sortie entre une interpolation spatiale et une interpolation temporelle.

Décision sur la luma.

10 L'objet de l'unité de sélection d'interpolation 10 est de décider, pour chaque pixel, si l'interpolation produite en sortie doit être du type temporelle ou spatiale. Cette décision est prise sur la luma.

15 L'algorithme donne pour l'interpolation finale sur la luma :

$I = \text{med}(s, t+M, t-M)$ si $M \leq d$
sinon $I = s$.

20 où: I représente l'interpolation finale
 s , représente l'interpolation spatiale
 t , représente l'interpolation temporelle,
 M , représente la mesure de mouvement à la position à interpoler,
25 d , représente la mesure de détail à la position à interpoler et

$\text{med}(a, b, c)$, représente la fonction médian de a , b , c .

30 Ce système a l'avantage d'être très robuste vis-à-vis d'une détection erronée de mouvement, surtout dans le cas d'un défilement rapide de texte. Cela

s'explique par le fait que, contrairement aux autres systèmes de dé-entrelacement adaptatifs travaillant sur des pixels, les décisions dépendent non seulement sur l'estimation de mouvement, mais également de la
 5 fiabilité de l'interpolation spatiale.

Comportement de l'unité de sélection d'interpolation vis-à-vis de la chroma.

Pour les pixels de chroma, de façon rigoureuse, la formule qui précède ne peut pas être appliquée
 10 directement à la chroma. On vise en fait à ce que la chroma suive la décision prise pour la luma la plus proche, à chaque position de pixel.

Si l'on considère l'interpolation luma finale, on constate qu'elle peut toujours être écrite par
 15 l'expression;

$I = a(d, M) * t + (1 - a(d, M)) * s$, avec $a(d, M)$ entre 0 et 1.

Une possibilité serait de calculer la valeur de a pour chaque pixel et d'appliquer cette valeur à
 20 l'interpolation de la chroma.

Cependant, cela est relativement coûteux en termes de ressources du système, car nécessitant un diviseur. Par ailleurs, la valeur de a dans la formule pour le luma n'est pas non plus calculée de manière
 25 très précise en dehors des conditions limites

$a(d, M) = 1$ pour $M = 0$

$a(d, M) = 0$ pour $M > d$.

En fait, les paramètres $(t-M)$ ou $(t+M)$ sont de simples valeurs faciles à calculer entre les
 30 interpolations temporelles et spatiales.

Donc, pour la chroma, on établit les critères suivants pour déterminer si l'interpolation utilisée en sortie doit être plutôt spatiale ou temporelle :

5 - si la valeur finale de l'interpolation pour la luma est la plus proche de celle de l'interpolation spatiale, on sélectionne l'interpolation spatiale pour le chroma ;

10 - si la valeur finale de l'interpolation pour le luma est la plus proche de celle de l'interpolation temporelle, on sélectionne l'interpolation temporelle pour la chroma ;

15 - si la valeur finale de l'interpolation pour le luma est exactement la moyenne des deux interpolations, on sélectionne l'interpolation spatiale pour la chroma, qui est la plus sûre.

En variante, on peut appliquer la formule de la luma moyennant une légère perte de performances, on peut aussi utiliser systématiquement l'interpolation spatiale pour la chroma, ce qui permet de réduire la
20 capacité de mémoire de champ nécessaire pour l'interpolation temporelle, moyennant une perte de performances sur la chroma.

Initialisation.

Démarrage de la séquence.

25 Le système fonctionne avec un retard d'un champ en raison de l'interpolation temporelle et du calcul du mouvement. De fait de ce retard, les champs 1 et 2 sont disponibles pour la reconstruction du champ 1.

30 Au début de la séquence, la mouvement M0 est initialisée à 0.

Pour l'interpolation temporelle du champ 1, on ne dispose pas de l'information du champ précédent. A la place de cette information manquante, on utilise la première information disponible. Comme le montre la figure 5, le paramètre D est remplacé par A, ce qui donne une interpolation temporelle égale à A. Ensuite, le mouvement initial correspondant est 0, donnant lieu à une interpolation temporelle pure pour le premier champ (en fait une fusion de champ).

Pour l'interpolation du champ 2, l'interpolation temporelle peut s'effectuer normalement. Le mouvement ira à $|A-D|$. Cela signifie que les artefacts dynamiques susceptibles de se produire pour l'interpolation du champ 1 auront déjà presque disparus de l'interpolation du champ 2. L'existence d'un champ avec la mauvaise interpolation au début n'est guère perceptible.

Bords de l'image.

Première ligne luma du champ pair.

La première ligne pour l'interpolation spatiale du champ pair est la ligne 1. Pour l'interpolation de cette ligne, on ne dispose pas de l'information de la ligne supérieure. On propose d'utiliser à la place l'information de la première ligne disponible, c'est-à-dire celle de la ligne 2. Cela implique que l'interpolation spatiale de la ligne 1 devient égale à celle de la ligne 2, puisque la meilleure direction pour l'interpolation sera forcément la direction verticale ($SAD(0)=0$).

La mesure de détail sera alors à 0 pour la ligne entière.

Pour la détection de mouvement, on remplace également l'information manquante C et C1 par B et B1. Si le mouvement est égal à 0, l'atténuateur sélectionnera l'interpolation temporelle ; sinon il
 5 sélectionnera l'interpolation spatiale.

Dernière ligne luma du champ impair .

De la même façon, pour l'interpolation spatiale de la dernière ligne du champ impair, dans le cas où N est pair, il manque l'information de la ligne en-
 10 dessous. On propose d'utiliser à la place l'information de la dernière ligne disponible, c'est-à-dire de la ligne N-1 si le nombre total de lignes est de N lignes par trame (N pair). La dernière ligne faisant l'objet d'une interpolation spatiale est égale
 15 à la ligne N-1.

Premières et dernières lignes chroma.

Dans le cas d'une chroma 4:2:2, on peut adopter le même principe que pour la luma. Cela signifie que l'on utilise l'information de la première ligne
 20 disponible au début du champ pair et la dernière ligne disponible à la fin du champ impair.

Dans le cas d'un chroma 4:2:0, on ne dispose pas de l'information pour l'interpolation de la ligne 1 des champs pairs et de la ligne (N-1), ceci dans le champ
 25 impair si N est un multiple de 4, ou dans le champ pair si N n'est pas un multiple de 4. Pour l'interpolation de la ligne 1 dans le champ pair, on sait que l'interpolation spatiale de la luma sera dans la direction verticale. Donc, pour l'interpolation de la
 30 chroma, on peut utiliser la première information de chroma disponible pour remplacer la l'information

manquante ; cela mène à une ligne 1 interpolée égale à la ligne 3 d'origine. Pour la ligne (N-1), la direction de l'interpolation calculée à partir de la luma n'est pas toujours verticale." Pour suivre sur la

5 décision sur le chroma, on a :

si $\min(\text{SAD}) = \text{SAD}(0)$ alors $\text{UVs} = \text{UV}(N-3, k)$
 si $\min(\text{SAD}) = \text{SAD}(1)$ alors $\text{UVs} = (\text{UV}(N-3, k) + \text{UV}(N-3, k+2)) / 2$
 si $\min(\text{SAD}) = \text{SAD}(2)$ alors $\text{UVs} = \text{UV}(N-3, k+2)$
 10 si $\min(\text{SAD}) = \text{SAD}(3)$ alors $\text{UVs} = \text{UV}(N-3, k+4)$
 si $\min(\text{SAD}) = \text{SAD}(-1)$ alors $\text{UVs} = (\text{UV}(N-3, k-2) + \text{UV}(N-3, k)) / 2$
 si $\min(\text{SAD}) = \text{SAD}(-2)$ alors $\text{UVs} = \text{UV}(N-3, k-2)$
 si $\min(\text{SAD}) = \text{SAD}(-3)$ alors $\text{UVs1} = \text{UV}(N-3, k-4)$.

15 En conclusion, on peut réaliser l'interpolation des premières ou dernières lignes en remplaçant les pixels manquants avec des pixels symétriques relativement à la position faisant l'objet d'une interpolation.

Premier et dernier pixels d'une ligne.

Pour une position de pixel à $k \leq 2$, on ne peut pas définir la fenêtre complète pour l'interpolation directionnelle spatiale.

On peut résoudre ce problème en remplaçant les pixels manquants par le premier pixel disponible pour le calcul du SAD et pour le calcul de la valeur interpolée. Les correspondances :

10 $K=0 \Rightarrow \text{vertical}$

$K=\pm 1 \Rightarrow \pm 26^\circ$

$K=\pm 2 \Rightarrow \pm 45^\circ$

$K=\pm 3 \Rightarrow \pm 63^\circ$

ne sont plus respectées, mais le SAD minimum correspondra encore à la meilleure direction objective pour l'interpolation.

On réalise la même initialisation pour les pixels chroma dans les colonnes impaires : l'éventuel pixel manquant dans la formule d'interpolation est
20 remplacé par le premier pixel disponible.

Par exemple, pour le premier pixel à gauche ($k=1$), on calcule :

$$\text{SAD}(0) = 0.875 * |Y(n-1, 1) - Y(n+1, 1)| + 0.125 * |Y(n-1, 2) - Y(n+1, 2)|$$

25
$$\text{SAD}(1) = 0.5 * |Y(n-1, 1) - Y(n+1, 1)| + 0.3125 * |Y(n-1, 2) - Y(n+1, 2)| + 0.1875 * |Y(n-1, 3) - Y(n+1, 3)|$$

$$\text{SAD}(2) = 0.3125 * |Y(n-1, 1) - Y(n+1, 1)| + 0.375 * |Y(n-1, 2) - Y(n+1, 2)| + 0.3125 * |Y(n-1, 3) - Y(n+1, 3)|$$

$$\text{SAD}(3) = |Y(n-1, 3) - Y(n+1, 3)|$$

$SAD(-1) = 0.5 * |Y(n+1,1) - Y(n-1,1)| + 0.3125 * |Y(n+1,2) - Y(n-1,1)| + 0.1875 * |Y(n+1,3) - Y(n-1,2)|$

$SAD(-2) = 0.3125 * |Y(n+1,1) - Y(n-1,1)| + 0.375 * |Y(n+1,2) - Y(n-1,1)| + 0.3125 * |Y(n+1,3) - Y(n-1,2)|$

5 $SAD(-3) = |Y(n+1,3) - Y(n-1,1)|.$

Si $\min(SAD) = SAD(-3)$ alors $Ys1 = (Y(n-1,1) + Y(n+1,3)) / 2.$

Enfin Ys est donné par :

$Ys = Ys1$ si $Ys1$ est entre $Y(n-1,1)$ et $Y(n+1,1)$

10 sinon $Ys = (Y(n-1,1) + Y(n+1,1)) / 2.$

Avec le chroma $UVs1 = (UV(n-1,1) + UV(n+1,3)) / 2.$

Enfin, UVs est donné par :

$UVs = UVs1$ si $UVs1$ est entre $UV(n-1,1)$ et $UV(n+1,1)$

15 sinon $UVs = (UV(n-1,1) + UV(n+1,1)) / 2.$

On applique le même principe pour les derniers pixels de la ligne : les pixels manquants sont remplacés par le dernier pixel disponible de la ligne.

Les performances des différents algorithmes
20 proposés ont fait l'objet d'essais sur des séquences variées. Il en est ressorti que par rapport à d'autres systèmes de dé-entrelacement, l'algorithme proposé apporte des améliorations remarquables notamment sur des éléments sensibles tels que des logos, du texte
25 statique ou défilant, et sur la netteté des transitions en mouvement .

Le système conforme à l'invention opère correctement même avec des images provenant de support sur film, et ce sans détection de film.

La détection de film est nécessaire dans la plupart des systèmes de dé-entrelacement afin d'éviter des pertes de résolution lorsque l'image provient de matériel film.

5 Dans le système conforme à l'invention, lorsque les images sont extraites de support sur film, on peut distinguer les cas suivants :

- dans les parties statiques, l'atténuateur tend vers une interpolation complètement temporelle, équivalente à une fusion locale des deux champs, équivalente au de-entrelacement classique de matériel film ;

- dans les parties de détails en mouvement, on tire avantage de l'interpolation directionnelle qui rend des résultats encore très proches de ceux d'une fusion des deux champs pour le matériel film. Le système exploite avantageusement le fait que l'œil identifie surtout les limites d'objets dans les parties d'une image en mouvement.

20 Des systèmes sophistiqués à compensation vectorielle de mouvement permettent une reproduction un peu meilleure des détails en déplacement, mais sont bien plus coûteux et souffrent des faiblesses des systèmes de dé-entrelacement nécessitant une détection

25 de film.

Revendications

1. Procédé de dé-entrelacement d'un signal
5 vidéo, dans lequel on produit en sortie (S) un signal
(Sde) d'images vidéo dé-entrelacées par interpolation
des pixels manquants du signal vidéo entrelacé présenté
en entrée (E), l'interpolation sur ledit signal en
sortie (Sde) étant réalisée sélectivement (10) à partir
10 d'une interpolation spatiale (6) et d'une interpolation
temporelle (8) avec prise de décision sur le degré
variable de présence d'interpolation spatiale ou/et
d'interpolation temporelle dans ledit signal (Sde) en
sortie, ladite décision étant prise en fonction d'une
15 détection de mouvement (4) dans la zone concernée de
l'image,

caractérisé en ce que ladite décision est prise en
outre en fonction d'une détection du détail (2) dans
une zone concernée de l'image.

20

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé
en ce que ladite décision est prise pour chaque pixel
individuel interpolé.

25 3. Procédé selon la revendication 1 ou 2,
caractérisé en ce que l'interpolation spatiale (6) est
réalisée sur la base d'une détermination de la
direction, parmi un ensemble de directions considérées
reliant des pixels sur des lignes différentes d'une
30 fenêtre de pixels donnée, pour laquelle on obtient le
minimum de différence entre les valeurs des pixels sur

les lignes différentes ainsi reliés le long de cette direction, et en ce que l'une des directions considérées correspond à un angle de sensiblement 26° par rapport à la verticale, pour une géométrie à pas de pixel égal dans les sens vertical et horizontal.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que l'interpolation spatiale (6) est réalisée sur la base d'une détermination de la direction, parmi un ensemble de directions considérées reliant des pixels sur des lignes différentes d'une fenêtre de pixels donnée, pour laquelle on obtient le minimum de différence entre les valeurs des pixels sur les lignes différentes ainsi reliés le long de cette direction, et en ce que l'une des directions considérées correspond à un angle de sensiblement 63° par rapport la verticale, pour une géométrie à pas de pixel égal dans les sens vertical et horizontal.

20

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que l'interpolation spatiale (6) est réalisée sur la base d'une détermination de la direction, parmi un ensemble de directions considérées reliant des pixels sur des lignes différentes d'une fenêtre de pixels donnée, pour laquelle on obtient le minimum de différence entre les valeurs des pixels sur les lignes différentes ainsi reliés le long de cette direction, et en ce que lorsqu'il existe plusieurs directions produisant le même minimum de différence entre les valeurs des pixels

30

ainsi reliés, on sélectionne la direction verticale ou, le cas échéant, la direction la plus proche de la direction verticale.

5 6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que l'interpolation spatiale (6) est réalisée sur la base d'une détermination de la direction, parmi un ensemble de directions considérées reliant des pixels sur des
10 lignes différentes d'une fenêtre de pixels donnée, pour laquelle on obtient le minimum de différence entre les valeurs des pixels sur les lignes différentes ainsi reliés le long de cette direction, et en ce que lorsqu'il existe deux directions symétriques
15 diamétralement opposées produisant le même minimum de différence entre les valeurs des pixels ainsi reliés, et faisant en sorte qu'aucune des deux directions ne soit plus proche de la direction verticale que l'autre, on sélectionne à la place la direction verticale.

20

 7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que l'interpolation spatiale (6) est réalisée sur la base d'un moyennage de valeurs de pixels, et en ce que l'on
25 prend les mêmes positions de pixels pour déterminer à la fois le moyennage de la composante de luma (Y) du signal vidéo entrelacé en entrée et le moyennage de la composante de chroma, dans la mesure où les mêmes pixels sont disponibles pour les deux composantes.

30

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que l'interpolation spatiale (6) est réalisée sur la base d'une détermination de la direction, parmi un ensemble
 5 de directions considérées reliant des pixels sur des lignes différentes d'une fenêtre de pixels donnée, pour laquelle on obtient le minimum de différence entre les valeurs des pixels sur les lignes différentes ainsi
 10 reliés le long de cette direction, en ce que la détermination est réalisée sur la composante luma (Y) du signal vidéo entrelacé en entrée, et en ce que la direction ainsi déterminée est également utilisée comme direction d'interpolation pour la composante chroma de ce signal vidéo.

15

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que la détection de mouvement (4) est réalisée, pour un pixel donné (A), par un calcul récursif mettant en œuvre un
 20 rebouclage (18, 20) d'une valeur intermédiaire de mouvement (M0) avec atténuation d'un facteur FA inférieur à 1.

10. Procédé selon la revendication 9, caractérisé en ce que la valeur de mouvement M est déterminée pour
 25 un pixel à interpoler X d'un champ m par application de l'algorithme suivant :

$$M0 = \max(|A - D|, FA * M(N))$$

$$Mp = \min(M(N1), M(N1+1))$$

$$M = \max(M0, Mp);$$
 où :

30

48

A est le pixel à la même position que le pixel X, mais dans le champ m+1,

D est le pixel à la même position que le pixel X, mais dans le champ m-1,

5 M(N) correspond à la valeur M0 calculée une trame avant, soit N lignes avant, N étant le nombre total de lignes,

M(N1) correspond à la valeur M0 calculée N1 lignes avant,

10 N1 = (N-1)/2 dans le cas où N est impair,

N1 = (N-2)/2 dans le cas où N est pair et où les lignes de luma à interpoler sont les 2èmes, 4èmes etc lignes de l'image,

15 N1 = N/2 dans le cas où N est pair et où les lignes de luma à interpoler sont les 1ères, 3èmes etc lignes de l'image,

M(N1+1) correspond à la valeur M0 calculée (N1+1) lignes avant, et

FA est le facteur d'atténuation.

20

11. Procédé selon la revendication 9 ou 10, caractérisé en ce que le facteur d'atténuation FA est égal à 15/16.

25 12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que ladite pondération (10) est déterminée sur la base de la composante luma du signal vidéo.

30 13. Procédé selon la revendication 12, caractérisé en ce que ladite interpolation (10)

déterminée sur la composante luma du signal vidéo est obtenue par l'algorithme suivant :

$I = \text{med}(s, t+M, t-M)$ si $M \leq d$

sinon $I = s$.

5 où I représente l'interpolation finale

s représente l'interpolation spatiale

t représente l'interpolation temporelle,

M représente la mesure de mouvement à la position à interpoler,

10 D représente la mesure de détail à la position à interpoler, et

$\text{med}(a, b, c)$ représente la fonction median de a , b , c .

15 14. Procédé selon la revendication 12 ou 13, caractérisé en ce que la sélection (10) réalisée sur la base de la composante luma du signal est aussi appliquée à la composante chroma.

20 15. Procédé selon la revendication 14, caractérisé en ce que :

i) dans le cas où l'interpolation finale sur la luma est plus proche de l'interpolation temporelle, l'interpolation finale de la chroma est l'interpolation temporelle ; et/ou

25 ii) dans le cas où l'interpolation finale sur la luma est plus proche de l'interpolation spatiale, l'interpolation finale de la chroma est l'interpolation spatiale ; et/ou

30 iii) lorsque les interpolations spatiale et temporelle ont une égale contribution dans

l'interpolation finale de la luma, les interpolations spatiale et temporelle ont une égale contribution dans l'interpolation finale de la chroma.

5 16. Appareil (1) de dé-entrelacement d'un signal vidéo, produisant en sortie (S) un signal (Sde) d'images vidéo dé-entrelacées par interpolation des pixels manquants du signal vidéo entrelacé présenté en entrée (E), l'appareil comprenant des moyens (10) pour
10 réaliser l'interpolation sur ledit signal (Sde) en sortie par composition sélective à partir d'une interpolation spatiale (6) et d'une interpolation temporelle (8) avec prise de décision sur le degré variable de présence d'interpolation spatiale et/ou
15 d'interpolation temporelle dans ledit signal (Sde) en sortie, ces moyens prenant ladite décision en fonction d'une détection de mouvement (4) dans la zone concernée de l'image,

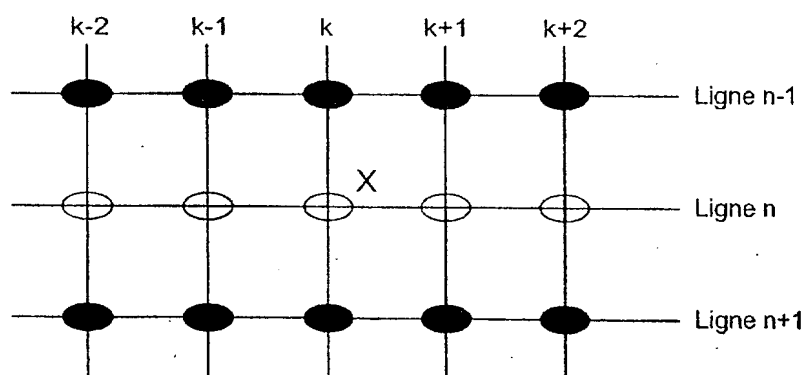
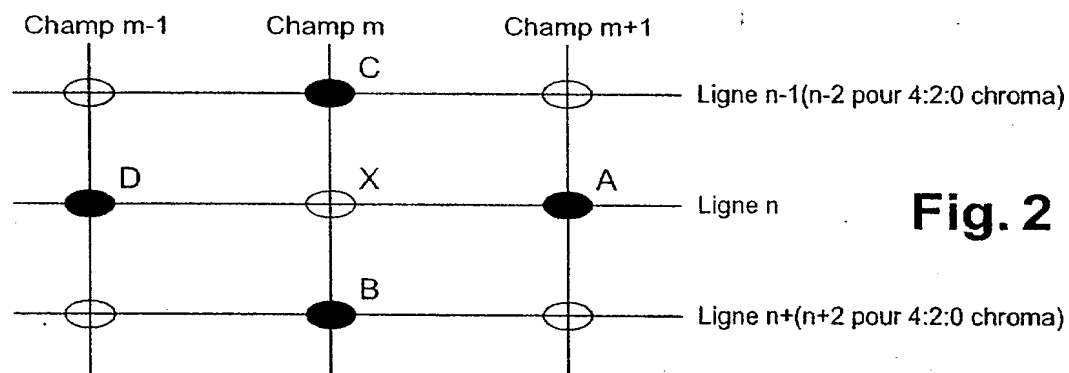
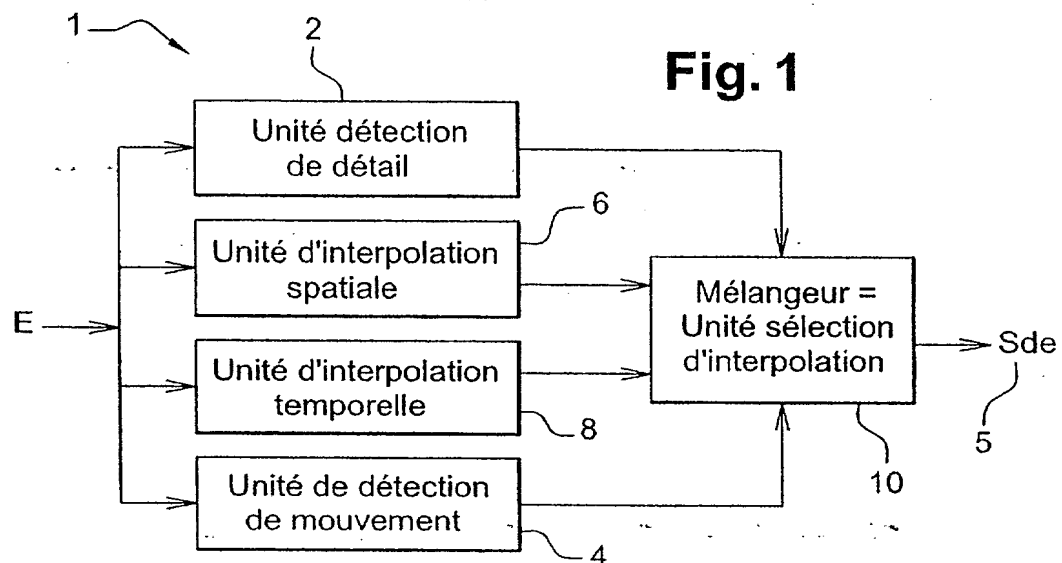
 caractérisé en ce que lesdits moyens (10) prennent
20 ladite décision en outre en fonction d'une détection du détail (2) dans une zone concernée de l'image.

 17. Appareil selon la revendication 16, caractérisé en ce que lesdits moyens (10) déterminent
25 la pondération pour chaque pixel individuel interpolé.

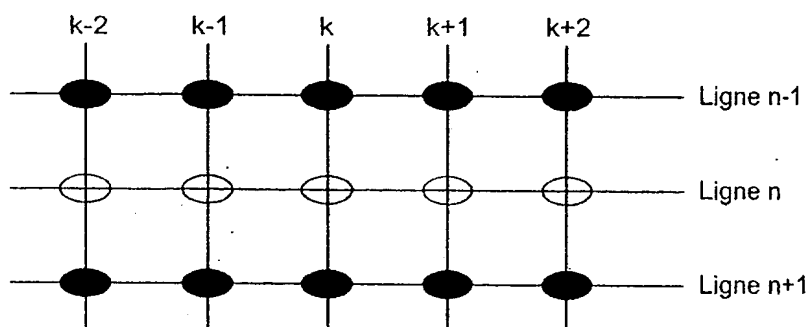
 18. Appareil selon la revendication 16 ou 17, caractérisé en ce qu'il comprend des moyens programmés pour réaliser le procédé selon l'une quelconque des
30 revendications 1 à 15.

19. Appareil de visualisation vidéo à affichage par balayage séquentiel pouvant fonctionner à partir de signaux vidéo entrelacés en entrée, caractérisé en ce qu'il comprend un appareil selon l'une quelconque des
5 revendications 16 à 18 pour réaliser le dé-entrelacement permettant d'obtenir les signaux de balayage séquentiel.

1 / 4

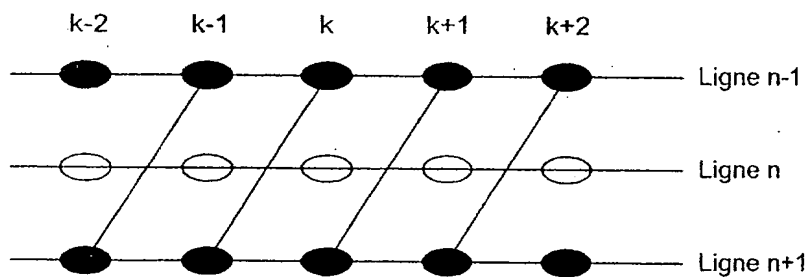


2 / 4



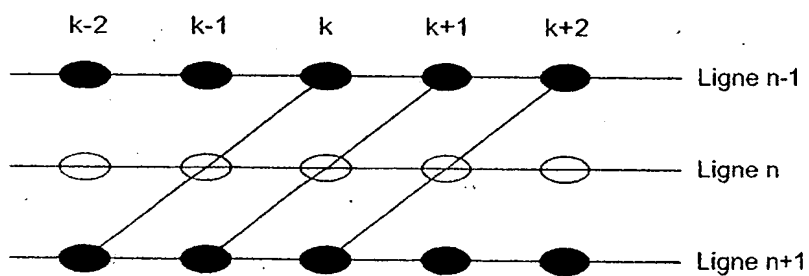
Direction vertical

Fig. 4a



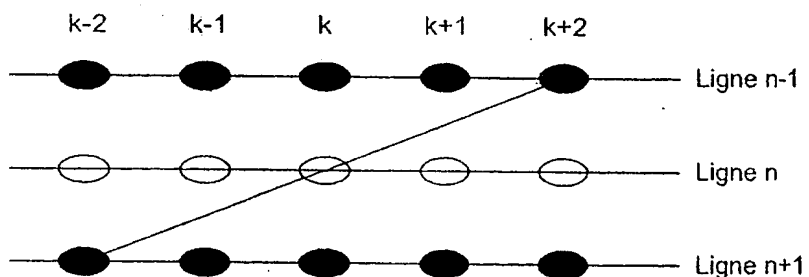
Direction diagonal +26°

Fig. 4b



Direction diagonal +45°

Fig. 4c

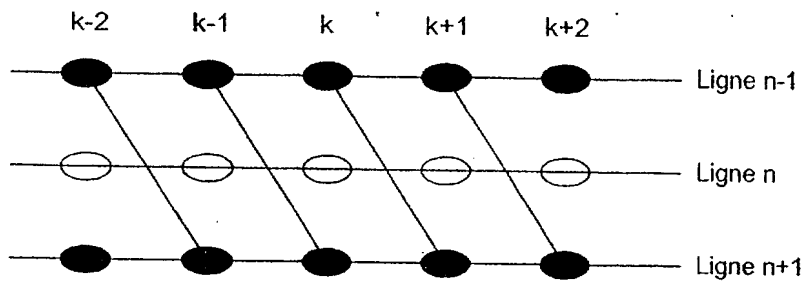
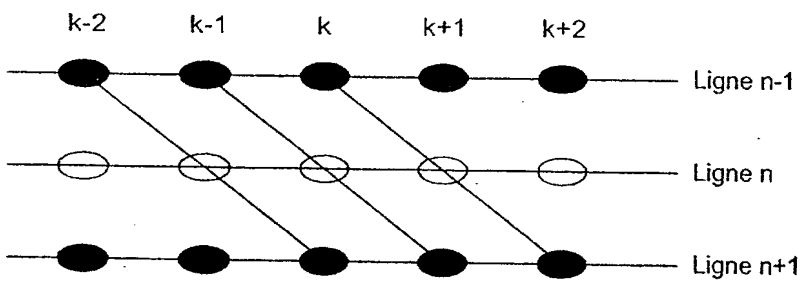
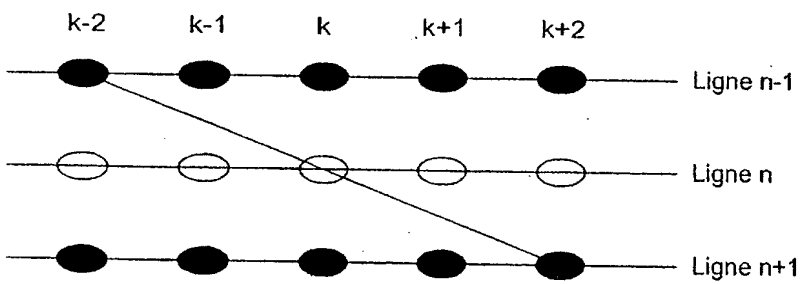


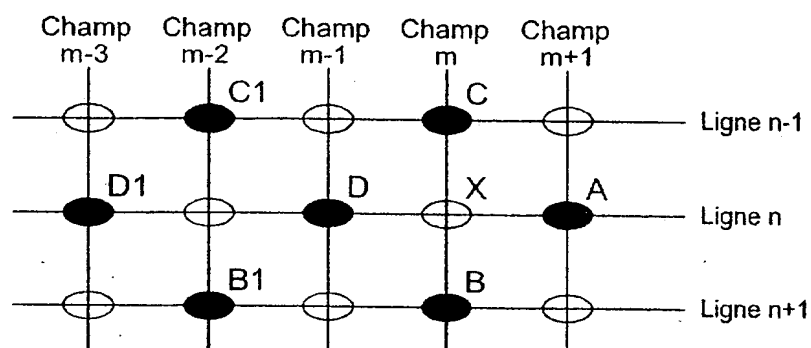
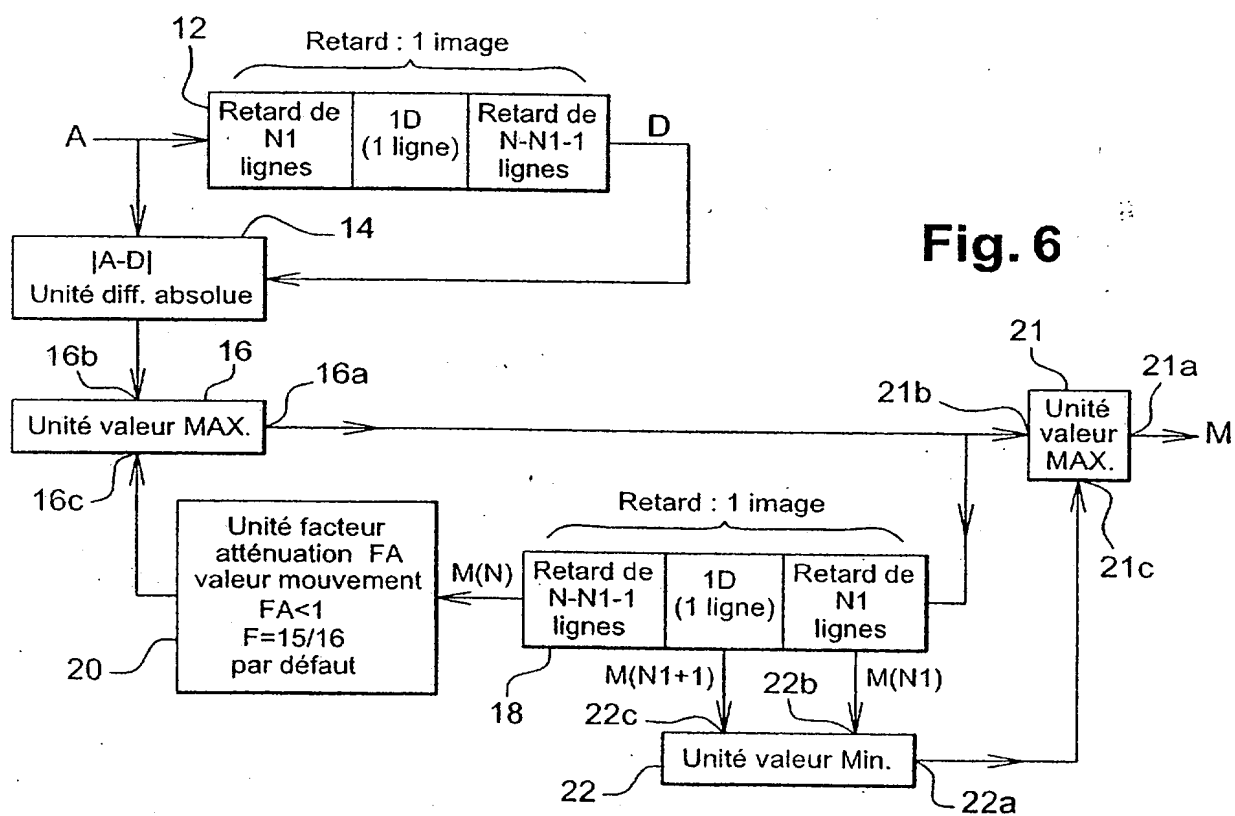
Direction diagonal +63°

Fig. 4d



3 / 4

Direction diagonal -26° **Fig. 4e**Direction diagonal -45° **Fig. 4f**Direction diagonal -63° **Fig. 4g**

**Fig. 5****Fig. 6**

**BREVET D'INVENTION****CERTIFICAT D'UTILITÉ**

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1.../1...

(À fournir dans le cas où les demandeurs et les inventeurs ne sont pas les mêmes personnes)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DR 113 @ W / 270501

Vos références pour ce dossier (facultatif)		016716 DK/CC
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL		0302013
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) PROCEDE ET DISPOSITIF DE DE-ENTRELACEMENT PAR ANALYSE DE PIXELS		
LE(S) DEMANDEUR(S) : STMICROELECTRONICS SA 29, boulevard Romain Rolland 92120 MONTRouGE		
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :		
1	Nom	NICOLAS
	Prénoms	Marina
Adresse	Rue	13, rue du Cornillon
	Code postal et ville	[3][8][1][2][0] LE FONTANIL CORNILLON
Société d'appartenance (facultatif)		
2	Nom	
	Prénoms	
Adresse	Rue	
	Code postal et ville	[][][][][][]
Société d'appartenance (facultatif)		
3	Nom	
	Prénoms	
Adresse	Rue	
	Code postal et ville	[][][][][][]
Société d'appartenance (facultatif)		
S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez plusieurs formulaires. Indiquez en haut à droite le N° de la page suivi du nombre de pages.		
DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire) Levallois-Perret, le 19 février 2003 BENTZ Jean-Paul Mandataire N° 99-0308 Cabinet BALLOT		

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire.
Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.